



Berne, le 6 décembre 2024

---

## **Analyse du potentiel hydraulique lié au retrait des glaciers**

Rapport du Conseil fédéral élaboré en réponse au postulat 21.3974 déposé le 24 août 2021 par la Commission de l'environnement, de l'aménagement du territoire et de l'énergie du Conseil national (CEATE-N)

---

## Table des matières

<b>Résumé</b> .....	<b>3</b>
<b>Sintesi</b> .....	<b>5</b>
<b>1 Postulat 21.3974</b> .....	<b>7</b>
<b>2 Contexte et objectif</b> .....	<b>7</b>
2.1 Objectifs de politique énergétique .....	7
2.2 Effets du changement climatique .....	7
2.3 Évolution des zones alluviales alpines .....	8
<b>3 Études portant sur l'évolution des lacs glaciaires</b> .....	<b>8</b>
3.1 Inventaire des lacs glaciaires existants établi par l'Eawag .....	8
3.2 Formation de futurs lacs glaciaires et potentiel de la force hydraulique ....	9
<b>4 Estimation du potentiel de la force hydraulique</b> .....	<b>10</b>
4.1 Potentiel d'ici à 2050 .....	11
4.2 Potentiel après 2050 .....	12
<b>5 Obstacles à l'exploitation du potentiel</b> .....	<b>13</b>
5.1 Situation du marché et cadre réglementaire.....	13
5.2 Thèmes relevant du droit des concessions .....	14
5.3 Procédures d'autorisation.....	14
5.4 Conflits d'intérêts entre l'exploitation de la force hydraulique et la protection de l'environnement et du paysage .....	15
5.4.1 Biotopes d'importance nationale .....	16
5.4.2 Inventaires des paysages d'importance nationale.....	19
5.4.3 Sites classés au patrimoine mondial de l'UNESCO .....	21
<b>6 Mesures visant une exploitation optimale du potentiel</b> .....	<b>22</b>
<b>7 Conclusion</b> .....	<b>23</b>
<b>8 Bibliographie</b> .....	<b>24</b>
<b>9 Annexe: projets pris en compte</b> .....	<b>26</b>

## Résumé

Les surfaces libérées en raison de la fonte des glaciers présentent différents potentiels d'utilisation, notamment pour la construction de centrales hydroélectriques à accumulation. Dans le cadre de l'élaboration du présent rapport, les projets portant sur l'énergie hydraulique en zone périglaciaire déjà connus<sup>1</sup> et techniquement réalisables d'ici à 2050 ont été répertoriés dans une liste remaniée pour éliminer les doublons et évalués. Distinction a été faite entre le potentiel de production annuelle supplémentaire et le potentiel de production hivernale contrôlable supplémentaire.

Les projets connus présentent au total un potentiel théorique de production d'électricité supplémentaire d'environ 1470 gigawattheures (GWh) par an dans des zones périglaciaires. Sur ce total, 340 GWh par an sont générés par des agrandissements et 1130 GWh par an par de nouvelles installations. Sont également compris les projets indiqués à l'annexe 2 de la loi sur l'approvisionnement en électricité révisée (LApEI ; RS 734.7) et représentant 545 GWh par an. Ce potentiel correspond à un tiers du développement brut nécessaire pour atteindre les objectifs de développement de la force hydraulique figurant à l'art. 2, al. 2, de la loi sur l'énergie.

Pour ce qui est du potentiel découlant de la production hivernale contrôlable dans l'environnement périglaciaire (stockage saisonnier ; 2430 GWh/a), quelque 1300 GWh par an résultent de l'agrandissement de réservoirs existants et 1130 GWh par an de nouvelles installations. Sur le potentiel total, 1395 GWh par an proviennent de trois projets indiqués à l'annexe 2 de la LApEI révisée, à savoir Trift, Lac de Grimsel et Gorner. Le potentiel de production hivernale contrôlable est supérieur au potentiel de production supplémentaire, car une partie de l'eau déjà turbinée aujourd'hui sans être stockée pourrait désormais être stockée. Le potentiel identifié situé en dehors des zones périglaciaires représente, quant à lui, près de 860 GWh par an, ce qui ne correspond qu'à un tiers environ du potentiel à l'intérieur de ces zones. Ces chiffres soulignent l'importance de l'environnement périglaciaire pour la réalisation des objectifs de la politique énergétique.

Les zones périglaciaires présentent un potentiel pour l'approvisionnement en énergie. Elles sont également importantes à d'autres égards. Dans le cadre de la protection des biotopes, ce sont principalement dans leur rôle de milieu alluvial qu'elles sont déterminantes. Seule une infime partie du potentiel décrit ne concerne pas du tout de telles zones (20 GWh/a). Une part non négligeable des projets (540 GWh/a) nécessiterait de nouvelles installations dans des zones alluviales déjà délimitées, qui figurent dans l'inventaire mentionné dans l'ordonnance sur les zones alluviales. De telles installations sont interdites dans les zones délimitées et ne peuvent pas faire l'objet d'une pesée des intérêts, puisqu'il s'agirait de nouvelles installations dans des zones alluviales d'importance nationale, ce qu'interdit l'art. 12, al. 2<sup>bis</sup>, LEne. La majeure partie des projets (910 GWh/a) sont certes susceptibles d'entrer en conflit avec des zones alluviales protégées à divers degrés, mais ne concernent pas, en l'occurrence, des zones où toute exploitation est interdite, puisque ces projets portent avant tout sur des agrandissements et des rénovations d'installations existantes. La construction de nouvelles centrales électriques dans les zones alluviales dont la délimitation a été déterminée après le 1<sup>er</sup> janvier 2023 n'est certes pas interdite, mais ces zones risquent de constituer un grand

---

<sup>1</sup> Sont désignées comme « périglaciaires », dans les études concernées, les zones qui se situaient à l'intérieur des glaciers à l'époque du Petit Âge glaciaire (années 1850). Certaines de ces zones sont aujourd'hui déjà exemptes de glace, tandis que d'autres ne le seront qu'à l'avenir.

obstacle à de tels projets, particulièrement celles qui sont encore à l'état naturel comme les marges proglaciaires.

Des conflits pourraient aussi survenir par rapport aux régions inscrites à l'Inventaire fédéral des paysages, sites et monuments naturels d'importance nationale (IFP). La majorité des projets se situent dans de telles régions. Une pesée des intérêts peut être effectuée dans ces cas de figure. Les explications montrent que l'issue de la pesée des intérêts influence grandement l'exploitation du potentiel théorique.

Un tiers du potentiel de développement de la production annuelle en zone périglaciaire se trouve dans des sites classés au patrimoine mondial de l'UNESCO. Pour ce qui concerne le développement de la capacité de stockage pendant l'hiver, un sixième du potentiel est concerné. Dans de tels cas, il faut impliquer les organes internationaux visés par la Convention pour la protection du patrimoine mondial culturel et naturel, car les projets risquent d'avoir un impact sur la valeur universelle exceptionnelle de ces sites.

Les renouvellements de concession à venir, les dispositions relatives au droit de l'environnement, en particulier en lien avec les débits résiduels, et les défis liés au climat sont des éléments déterminants quant à savoir si le potentiel de l'hydraulique sis dans l'environnement périglaciaire pourra être exploité. Pour ce qui est des débits résiduels, le postulat 23.3007 « Adapter les obligations de débits résiduels pour les centrales hydroélectriques existantes tout en améliorant la biodiversité des cours d'eau », transmis au Conseil fédéral, charge ce dernier de trouver des solutions spécifiques pour réduire les déficits de production d'énergie résultant des prescriptions relatives aux débits résiduels. Des mesures sont donc élaborées dans le cadre de la réponse audit postulat. Concernant les questions sur l'indemnisation de la valeur résiduelle, la CEATE-N a déposé la motion 23.3021 « Garantir les investissements d'agrandissement et de modernisation des installations hydroélectriques », que le Conseil national a adoptée. Le Conseil des États a cependant rejeté la motion le 10 juin 2024.

Des instruments d'encouragement de grande envergure ont été créés pour faire face au manque de rentabilité des projets de centrales à accumulation dans des conditions de marché. Une part significative des projets connus pourrait probablement être rentable avec l'encouragement existant. Pour ce qui a trait aux autorisations, le Conseil fédéral a aussi soumis au Parlement le projet de loi pour l'accélération des procédures (23.051), en cours de délibération. Le présent rapport ne contient donc pas de propositions de mesures dans ce domaine. Il faut toutefois considérer les concessions à renégocier comme un obstacle dans le contexte de la réalisation des objectifs de développement de la force hydraulique.

## Sintesi

Le superfici che si rendono disponibili a seguito dello scioglimento dei ghiacciai offrono un potenziale per diversi sfruttamenti, tra le altre cose anche per la costruzione di centrali idroelettriche ad accumulazione. Nell'ambito dell'elaborazione del presente rapporto, i progetti idroelettrici relativi alle zone periglaciali<sup>2</sup>, già noti e tecnicamente realizzabili entro il 2050, sono stati raccolti, analizzati e valutati. È stata fatta una distinzione tra il potenziale di produzione annua supplementare e il potenziale di produzione invernale controllabile supplementare.

Si tratta di progetti noti che presentano un potenziale teorico di produzione annua supplementare di circa 1'470 gigawattora (GWh) nelle zone periglaciali, di cui 340 GWh all'anno provenienti da ampliamenti e 1'130 GWh all'anno provenienti da nuovi impianti. Sono compresi anche i progetti riportati nell'allegato 2 della revisione della legge sull'approvvigionamento elettrico (LAEI; RS 734.7) per 545 GWh all'anno. Tale potenziale corrisponde a un terzo dell'incremento lordo necessario per il raggiungimento degli obiettivi di incremento della produzione di energia idroelettrica secondo l'articolo 2 capoverso 2 della legge sull'energia (LEne; RS 730.0).

Del potenziale di produzione invernale controllabile (stoccaggio stagionale) in ambiente periglaciale, pari a 2'430 GWh all'anno, circa 1'300 GWh all'anno derivano da ampliamenti di centrali idroelettriche esistenti mentre 1'130 GWh all'anno da nuovi impianti. 1'395 GWh all'anno del potenziale complessivo provengono dai tre progetti Trift, Grimsel e Gorner dell'allegato 2 della LAEI riveduta. Il potenziale di produzione invernale controllabile è superiore al potenziale di produzione supplementare perché parte dell'acqua già oggi turbinata ma non immagazzinata potrebbe in futuro essere immagazzinata. Il potenziale noto di incremento dello stoccaggio al di fuori delle zone periglaciali è di circa 860 GWh all'anno e pertanto pari soltanto a circa un terzo del potenziale nelle zone periglaciali. Queste cifre sottolineano l'importanza dell'ambiente periglaciale per il raggiungimento degli obiettivi di politica energetica.

Le zone periglaciali sono importanti non soltanto per il potenziale legato all'approvvigionamento energetico, ma anche per aspetti legati a diversi altri settori. Nel contesto della protezione dei biotopi, tali zone sono rilevanti principalmente in quanto habitat golenale. Soltanto un'esigua parte del potenziale descritto non riguarda affatto le zone golenali (20 GWh di produzione annua). Una parte considerevole dei progetti (540 GWh/a) richiederebbe nuovi impianti all'interno delle zone golenali già delimitate che figurano nell'Inventario dell'ordinanza concernente la protezione delle zone golenali d'importanza nazionale (ordinanza sulle zone golenali; RS 451.31). Tali impianti non sono ammessi e non possono essere oggetto di ponderazione degli interessi poiché si tratta di nuovi impianti in zone golenali d'importanza nazionale e quindi in zone d'esclusione secondo l'articolo 12 capoverso 2 LEne. La maggior parte dei progetti presenta conflitti con zone golenali di diverso grado di protezione. Non sono però interessate le zone d'esclusione (910 GWh/a) in quanto i progetti in questione riguardano principalmente ampliamenti e rinnovamenti di impianti esistenti. Sebbene la costruzione di nuove centrali elettriche non sia esclusa nelle zone golenali delimitate dopo il 1° gennaio 2023, è probabile che tali zone rappresentino un notevole ostacolo ai progetti, soprattutto se allo stato naturale come nel caso dei margini proglaciali.

Un ulteriore potenziale di conflitto sussiste con le zone dell'Inventario federale dei paesaggi, siti e monumenti naturali d'importanza nazionale (IFP). La maggior parte dei progetti si trova in

<sup>2</sup> Nel contesto degli studi in questione sono definite periglaciali le zone che si trovano all'interno dei ghiacciai della piccola era glaciale (ca. 1850). Ciò include le zone che sono già oggi prive di ghiaccio e quelle che lo diventeranno solo in futuro.

queste zone e per gli stessi è possibile effettuare una ponderazione degli interessi. Le considerazioni mostrano che il risultato della ponderazione degli interessi incide in modo significativo sullo sfruttamento del potenziale teorico.

Un terzo del potenziale di incremento della produzione annua nelle zone periglaciali risiede nei siti iscritti nel patrimonio mondiale dell'UNESCO. Per quanto concerne la produzione invernale controllabile si tratta di un sesto del potenziale. In questi casi è necessario coinvolgere gli organismi internazionali della Convenzione sul Patrimonio mondiale, poiché i progetti potrebbero avere un impatto sul valore riconosciuto dei siti.

I futuri rinnovi di concessione, le disposizioni di diritto ambientale, in particolare quelle concernenti il deflusso residuale, nonché le sfide legate al clima sono elementi determinanti nell'ottica dello sfruttamento del potenziale in ambiente periglaciale. In relazione ai deflussi residuali è stato già trasmesso il postulato 23.3007 «Adattare le disposizioni sui deflussi residuali per le centrali idroelettriche esistenti migliorando contemporaneamente la biodiversità delle acque», che incarica il Consiglio federale di individuare soluzioni specifiche per ridurre le perdite di produzione d'energia derivanti dalle disposizioni sui deflussi residuali. Le misure vengono pertanto elaborate nel quadro della risposta al suddetto postulato. Per quanto concerne l'indennizzo sul valore residuo, la CAPTE-N ha presentato la mozione 23.3021 «Garantire gli investimenti mirati ad ampliare e modernizzare gli impianti idroelettrici», che è stata accolta dal Consiglio nazionale, mentre è stata respinta dal Consiglio degli Stati il 10 giugno 2024.

La scarsa redditività dei progetti di stoccaggio alle condizioni di mercato è stata contrastata con l'introduzione di strumenti di promozione di ampia portata. Ci si può attendere che i progetti noti saranno in massima parte redditizi con gli strumenti disponibili. Per quanto concerne le procedure di autorizzazione, il Consiglio federale ha sottoposto una modifica della legge sull'energia («atto sull'accelerazione» (23.051)) all'esame del Parlamento. Questo spiega perché il presente rapporto non contiene proposte di misure in questo ambito. In relazione al raggiungimento degli obiettivi di incremento della produzione idroelettrica, le concessioni oggetto di nuovi negoziati sono da considerarsi un ostacolo.

# 1 Postulat 21.3974

Le 24 août 2021, la Commission de l'environnement, de l'aménagement du territoire et de l'énergie du Conseil national (CEATE-N) déposait le postulat 21.3974 « Analyse du potentiel hydraulique lié au retrait des glaciers ».

## Texte déposé

Le Conseil fédéral est prié de livrer un rapport sur le potentiel hydraulique lié au retrait des glaciers. Il indiquera, sur la base du nouvel inventaire de l'Eawag, le potentiel de production hydroélectrique ainsi que les mesures à prendre pour pouvoir exploiter ces nouveaux lacs.

## 2 Contexte et objectif

### 2.1 Objectifs de politique énergétique

La loi fédérale relative à un approvisionnement en électricité sûr reposant sur des énergies renouvelables répertorie 16 projets hydroélectriques, qui visent à développer une capacité de production d'électricité supplémentaire pendant l'hiver, dont la disponibilité est assurée, climatiquement neutre, de 2 térawattheures (TWh) par an. Sont compris dans ces projets des rehaussements de murs de barrage, mais aussi quatre nouvelles installations en zone périglaciaire et une grande centrale au fil de l'eau. Il est prévu de faire passer la production annuelle moyenne d'électricité issue de la force hydraulique, qui atteint actuellement 36,8 TWh, à 37,9 TWh d'ici 2035 et à 39,2 TWh d'ici 2050. Ces chiffres tiennent compte des pertes attendues découlant des dispositions sur les débits résiduels et de l'assainissement de la force hydraulique.

De nouvelles centrales à accumulation en zone périglaciaire peuvent fournir un apport essentiel à la réalisation des objectifs de politique énergétique de la Suisse. Il convient aussi de rappeler que l'augmentation de la production, et en particulier de la production pendant l'hiver, est l'élément-clé pour l'atteinte de ces objectifs. Par ailleurs, la création d'une capacité de stockage supplémentaire permet de disposer d'un potentiel énergétique plus important à exploiter en fonction des besoins. Il convient notamment de mentionner le fait que de nouveaux réservoirs de tête situés dans la partie supérieure du bassin versant des cours d'eau permettent aussi aux infrastructures existantes de la centrale, placées en aval et généralement de grande taille, de profiter des transferts saisonniers de l'été vers l'hiver. Il s'agit d'une plus-value supplémentaire, qui n'est pas chiffrée dans la présente évaluation, laquelle porte sur de nouveaux réservoirs situés à plus basse altitude. Enfin, les centrales à accumulation permettent la mise à disposition de services-système, soutenant ainsi la stabilité du système énergétique dans son ensemble.

### 2.2 Effets du changement climatique

En raison du changement climatique, la limite des chutes de neige va continuer à remonter et la fonte des glaciers va s'accroître en Suisse. Les glaciers suisses devraient perdre, d'après les modèles actuellement disponibles, entre 59 % et 93 % de leur volume d'ici 2100<sup>3</sup>. De plus,

---

<sup>3</sup> Ayala *et al.*, 2020.

le changement climatique modifiera le régime des précipitations et induira une hausse de la température de l'air<sup>4</sup>.

Le changement climatique et le dégel du permafrost augmentent les risques que représentent les dangers naturels. Cela aussi pourrait empêcher une pleine exploitation du potentiel technique/théorique.

## 2.3 Évolution des zones alluviales alpines

L'inventaire fédéral des zones alluviales d'importance nationale fait la distinction entre les marges proglaciaires<sup>5</sup> et les plaines alluviales alpines<sup>6</sup>. En 2016, la surface totale des marges proglaciaires atteignait quelque 842 km<sup>2</sup>, ce qui représente 2 % du territoire de la Suisse. Selon Schweizer *et al.* (2023), d'ici à 2040, ces marges vont augmenter, selon les scénarios retenus, de 27 à 29 % pour atteindre près de 1100 km<sup>2</sup>. D'ici à 2100, la progression devrait se situer entre 49 et 104 %. Les surfaces libérées offrent de l'espace pour toutes sortes de biotopes<sup>7</sup>. Elles sont tout d'abord investies par la végétation pionnière. À plus long terme, la forêt s'y développe dans les zones aptes au boisement. Le long des cours d'eau s'écoulant dans une pente de moins de 10 %, de nouvelles surfaces présentant un caractère de zone alluviale se développent, et ce en particulier dans les zones d'inondation planes. Des deltas se forment à l'embouchure de ces cours d'eau dans les lacs qu'ils traversent. Lorsque de tels lacs se remplissent de sédiments, une évolution comparable prend place et des surfaces ayant des caractéristiques de zones alluviales apparaissent.

# 3 Études portant sur l'évolution des lacs glaciaires

## 3.1 Inventaire des lacs glaciaires existants établi par l'Eawag

L'Eawag, qui est rattaché au domaine des EPF, a établi un inventaire des lacs<sup>8</sup> ayant fait leur apparition dans d'anciennes régions glaciaires depuis le Petit Âge glaciaire dont beaucoup subsistent encore. Les lacs qui se formeront à l'avenir n'y sont pas répertoriés. Une grande partie des 1192 lacs identifiés ne se prête pas à la création de bassins de retenue en raison de leur petite taille. La question de savoir si des différences d'altitude aux alentours de ces lacs pourraient être mises à profit n'a pas été analysée lors de la réalisation de l'inventaire. Le volume des lacs, en tant qu'indicateur central pour une possible utilisation dans le cadre d'une centrale hydroélectrique à accumulation, n'a pas non plus été relevé. Par conséquent, l'inventaire mentionné dans le postulat n'apporte que peu d'éléments en vue d'une réponse audit postulat.

---

<sup>4</sup> Les effets qui en résultent sur les débits d'eau ainsi que les répercussions auxquelles il faut s'attendre pour la force hydraulique sont présentés dans les scénarios hydrologiques Hydro-CH2018. Cf. [www.nccs.admin.ch](http://www.nccs.admin.ch) > National Centre for Climate Services NCCS > Changement climatique et impacts > Scénarios hydrologiques Hydro-CH2018.

<sup>5</sup> Le biotope « marge proglaciaire » comprend les zones entourant l'extrémité du glacier, qui étaient recouvertes de glace au cours des temps modernes ainsi que les accumulations glaciaires et fluvioglaciaires attenantes.

<sup>6</sup> Au sens de l'inventaire, le biotope « plaine alluviale alpine » correspond aux zones planes situées à plus de 1800 m d'altitude, marquées par les inondations, le transport et l'épandage de sédiments fluviaux, ainsi qu'aux surfaces relictuelles attenantes et de même origine.

<sup>7</sup> Geo7, 2021.

<sup>8</sup> Mölg *et al.*, 2021

### 3.2 Formation de futurs lacs glaciaires et potentiel de la force hydraulique

L'évaluation concernant la formation de futurs lacs glaciaires se base sur le calcul de la superficie du terrain se trouvant sous les glaciers actuels et sur l'hypothèse selon laquelle des lacs vont se former dans les dépressions de terrain existantes. Combinées à un modèle de recul des glaciers, ces études permettent de déterminer le nombre, le volume et le moment de l'émergence de nouveaux lacs glaciaires<sup>9</sup>.

Les glaciers existants pourraient recouvrir au total quelque 3600 dépressions, dont près de 700 présentent une superficie de plus de 5000 m<sup>2</sup> et une profondeur de 5 m au moins. Les grands lacs qui s'y formeraient correspondraient à une superficie totale de 45,2 km<sup>2</sup>, à savoir 4,7 % de la zone actuellement englacée. Ceux-ci présenteraient un volume total de 1,16 km<sup>3</sup>. Se basant sur un scénario modéré, Steffen *et al.* (2022) émet l'hypothèse que 0,12 km<sup>3</sup> de ce volume potentiel ne sera plus englacé d'ici à 2050, respectivement 0,56 km<sup>3</sup> d'ici à 2100. Le nombre de lacs susceptibles de se former d'ici à 2100 se situe dans une fourchette allant de 381 à 655, dont environ 200 ne devraient plus être englacés en 2050 déjà.

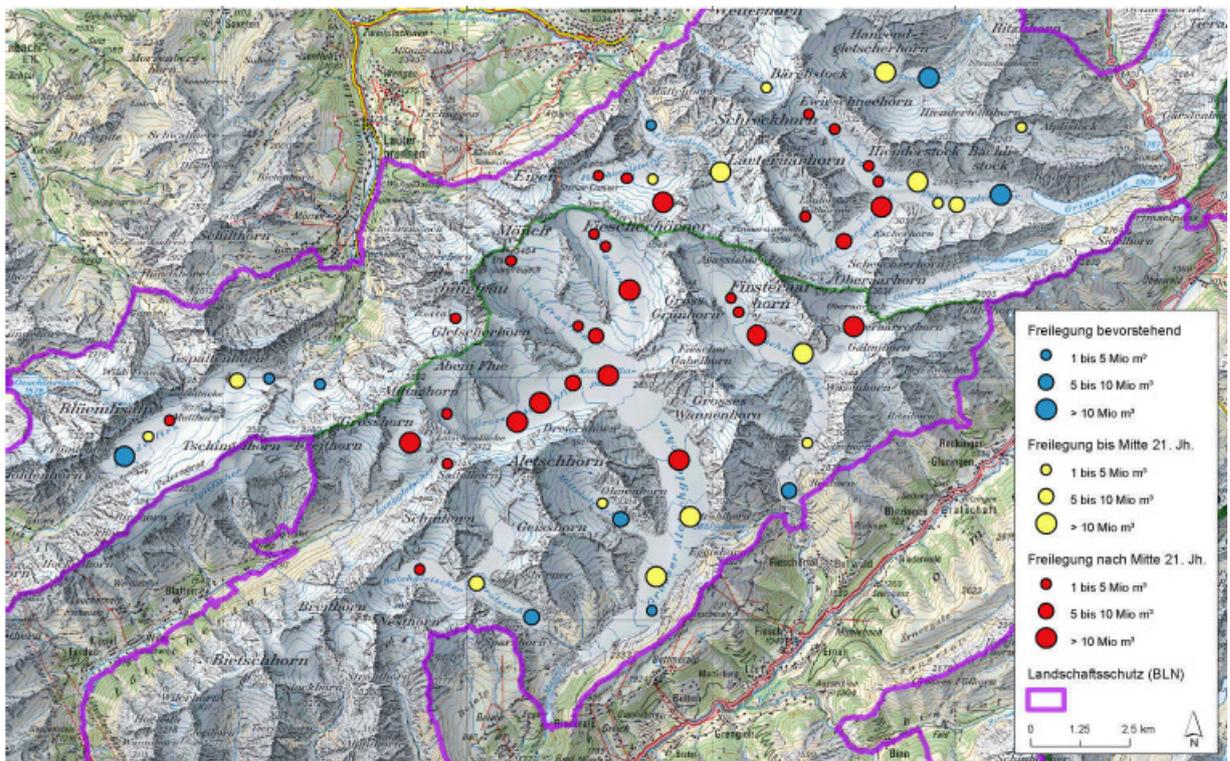


Illustration 1 : Modèle des dépressions de terrain dans les lits glaciaires recouverts de glace dans la région d'Aletsch. Source : NELAK, 2013.

La plupart des dépressions de terrain se trouvent sous les grands glaciers. Ce sont les endroits qui seront libérés plus tardivement étant donné que la fonte des glaces y prend plus de temps. La formation de lacs dans ces dépressions de terrain dépend notamment de la présence ou l'absence de gorges pouvant servir de canal d'évacuation des eaux et de la nature des sédiments remplissant éventuellement les dépressions de terrain<sup>10</sup>. Il faut aussi tenir compte

<sup>9</sup> Linsbauer, 2012, NELAK, 2013, Gharehchahi et al., 2020 ainsi que Steffen et al., 2022.

<sup>10</sup> NELAK, 2013, p.vi (passage en allemand uniquement, traduit librement)

du fait qu'un nombre notable de lacs ainsi formés seront déjà complètement remplis de sédiments d'ici à 2100.

La formation d'un lac glaciaire naturel, à elle seule, ne permet pas de présumer du potentiel hydroélectrique d'un site. En effet, ce potentiel est lié à d'autres conditions. Il faut tout d'abord tenir compte du moment où le site en question ne sera plus englacé. Par ailleurs, il faut suffisamment d'affluents à long terme pour remplir régulièrement le bassin de retenue ou la possibilité d'alimenter ce bassin par un apport d'eau supplémentaire provenant d'un autre bassin versant. Il faut encore que les terrains sis à proximité du bassin présentent une pente suffisante.

Les zones dans lesquelles les glaciers reculent ne donnent pas toutes lieu à la formation de lacs. Mais dans le cas où on y trouve un verrou approprié, il serait toutefois envisageable d'y ériger un mur de barrage.

## 4 Estimation du potentiel de la force hydraulique

L'utilisation de la force hydraulique dans les zones où les glaciers reculent est un sujet qui a été beaucoup étudié ; les exploitants de centrales hydroélectriques ainsi que les hautes écoles ont notamment déjà mené quelques travaux préliminaires en la matière.

Dans le cadre de l'élaboration du présent rapport, les projets portant sur l'énergie hydraulique déjà connus ont été répertoriés pour en estimer le potentiel. En plus des travaux scientifiques et des études effectuées par la branche, les projets ressortant de la table ronde consacrée à la force hydraulique ou de l'étude sur le potentiel hydroélectrique de la Suisse menée par l'Office fédéral de l'énergie (OFEN 2019) ont aussi été pris en compte. Il faut souligner ici que l'état actuel des connaissances ainsi dépeint comporte, à certains égards, de grandes incertitudes.

Une liste des projets possibles a été établie et un premier remaniement a été fait. D'une part, en cas de doublons (projets s'excluant mutuellement, car ils portaient sur le même apport d'eau ou sur la même pente), certains projets ont été supprimés. D'autre part, les projets ne pouvant clairement pas être réalisés du point de vue technique ou ne pouvant être mis sur pied qu'en engageant des moyens considérables ont aussi été retirés de la liste. Il s'agissait notamment de raisons d'ordre géologique, comme la présence de fissures, qui empêchent l'accumulation d'eau, ou de la difficulté de remplir le lac en raison d'une quantité insuffisante d'eau à disposition. Le potentiel technique encore à disposition a ainsi été défini. Les conditions-cadres économiques et écologiques n'ont pas été prises en compte.

Ce potentiel technique se répartit entre deux catégories : les nouvelles installations et les projets d'agrandissement. Dans le cas d'une nouvelle installation (nouveau réservoir), toutes les parties déterminantes de l'installation, telles que le captage, le réservoir, l'apport d'eau et la centrale, sont construites à neuf. Dans le cas d'un projet d'agrandissement (installation existante), certaines parties de l'installation seulement sont construites à neuf ; il peut s'agir, par exemple, de l'ajout d'un nouveau réservoir se déversant dans le système existant d'une centrale électrique.

Dans un environnement périglaciaire, un projet ne peut être réalisé que lorsque le site où sera érigé le barrage et une grande partie de la surface potentielle du lac ne sont plus englacés. Cela est le cas pour la majeure partie des projets pris en considération, de sorte que ceux-ci pourraient être réalisés aujourd'hui déjà. Sur certains sites encore recouverts de glace et prévus pour des projets, ce n'est que dans plusieurs décennies que le recul des glaciers

aura été suffisant pour qu'il soit possible d'y mener à bien les projets. Par conséquent, le présent rapport fait la distinction entre les projets susceptibles d'être réalisés d'ici à 2050 et ceux qui ne pourront être réalisés qu'ultérieurement.

Les projets pris en compte dans l'évaluation figurent en annexe (chap. 9). Cette liste comprend aussi bien les projets qui pourraient être réalisés d'ici 2050 que ceux qui ne pourraient l'être qu'après 2050.

## 4.1 Potentiel d'ici à 2050

Les projets de nouvelles installations ou d'agrandissements d'installations dans des zones périglaciaires dont l'OFEN a connaissance présentent au total un potentiel de production d'électricité supplémentaire d'environ 1470 gigawattheures (GWh) par an (illustration 2), dont 545 GWh par an découlent de projets qui figurent à l'annexe 2 de la loi sur l'approvisionnement en électricité (LApEI) révisée. Sur ce total, 340 GWh par an s'inscrivent dans le cadre d'agrandissements et 1130 GWh par an dans le cadre de nouvelles installations<sup>11</sup>. Les agrandissements concernent soit des rehaussements de murs de barrage (contribution de 12 GWh/a à l'augmentation de la production), soit l'exploitation de capacités supplémentaires dans le cadre de systèmes de centrales électriques existantes<sup>12</sup>.

Au 1<sup>er</sup> janvier 2023, la production hydroélectrique de la Suisse atteignait près de 36,8 TWh<sup>13</sup>. Il faut donc augmenter la production nette de 2,4 TWh par an pour remplir l'objectif de 39,2 TWh par an à l'horizon 2050. En raison des pertes de production attendues qui découlent des dispositions sur les débits résiduels, le développement brut doit s'élever à 4,3 TWh par an au moins. La diminution de la production due à l'arrêt de l'exploitation de petites installations hydroélectriques ou à l'assainissement de la force hydraulique n'a pas été prise en compte, son importance étant moindre. Il faut aussi tenir compte du fait que l'eau résultant de la fonte des glaciers diminuera à long terme et que, la limite des chutes de neige se situant de plus en plus haut, une part plus importante des précipitations, tombées sous forme de pluie, s'écoulera immédiatement, augmentant ainsi la production hivernale.

Le potentiel théorique prévu dans l'environnement périglaciaire pourrait permettre de couvrir un bon tiers du développement brut nécessaire.

---

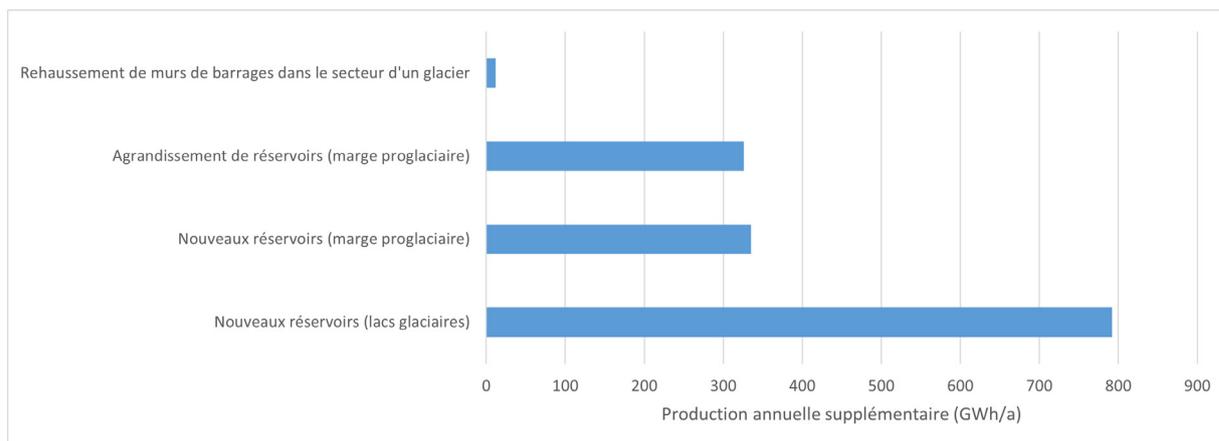
<sup>11</sup> Somme des « nouveaux réservoirs (marges glaciaires) » et « nouveaux réservoirs (lacs glaciaires) »

<sup>12</sup> avec captage de nouvelles eaux ou extension du captage existant

<sup>13</sup> Données provisoires de la Statistique des aménagements hydroélectriques. [www.bfe.admin.ch](http://www.bfe.admin.ch) > Approvisionnement > Statistiques et géodonnées > Géoinformation > Géodonnées > Eau > Statistique des aménagements hydroélectriques.

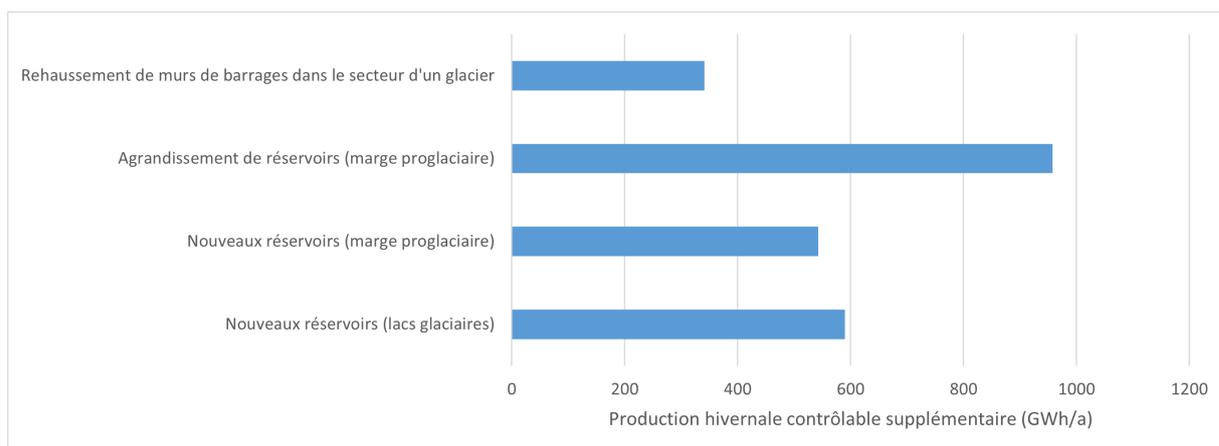
## Analyse du potentiel hydraulique lié au retrait des glaciers

Illustration 2 : Potentiel de production annuelle supplémentaire (GWh/a) sur des sites périglaciaires, d'ici à 2050



Pour ce qui est de la production hivernale contrôlable, il existe un potentiel de près de 2430 GWh par an sur des sites périglaciaires (Illustration 3). Trois des projets figurant à l'annexe 2 de la LApEI révisée, à savoir Trift, Grimsel et Gorner, en fourniraient 1395 GWh par an. Sur l'ensemble du potentiel dans l'environnement périglaciaire, quelque 1300 GWh par an résulteraient de l'agrandissement de réservoirs existants et 1130 GWh par an découleraient de nouvelles installations.

Illustration 3 : Potentiel de production hivernale contrôlable supplémentaire (GWh/a) sur des sites périglaciaires, d'ici à 2050.



Mis à part le potentiel découlant des capacités des réservoirs dans l'environnement périglaciaire, il existe un potentiel additionnel résultant de la construction de nouveaux réservoirs et du rehaussement de murs de barrage ne se trouvant pas dans un tel environnement. Ce potentiel issu de projets connus et situé en dehors des zones périglaciaires représente près de 860 GWh par an, ce qui ne correspond qu'à un tiers environ du potentiel sis dans ces zones. Ces chiffres soulignent l'importance de l'environnement périglaciaire pour la réalisation des objectifs de la politique énergétique.

## 4.2 Potentiel après 2050

Après 2050, la fonte des glaces fera encore apparaître de nouvelles zones se prêtant à l'exploitation de l'énergie hydraulique. Or, à ce jour, aucune projection n'a, de façon générale, été faite dans ces zones pour cet horizon temporel encore lointain. Un potentiel global ne peut donc être déterminé pour la période ultérieure à 2050. L'OFEN a cependant connaissance de quelques projets ou idées de projets qui pourront être réalisés après 2050 seulement, car ce n'est qu'à ce moment-là que la région du lac d'accumulation concerné ne sera plus englacée.

Ces projets ou idées de projets représentent un potentiel théorique de production supplémentaire de 150 GWh par an et un potentiel théorique de production hivernale contrôlable supplémentaire de 600 GWh par an.

## 5 Obstacles à l'exploitation du potentiel

Les zones périglaciaires présentent un potentiel pour l'approvisionnement en énergie. Elles sont également importantes à d'autres égards et notamment en tant qu'éléments du paysage ou en tant qu'espaces réservés aux eaux ou biotopes. À noter aussi que les lacs glaciaires se formant de manière naturelle dans de telles zones peuvent représenter un danger naturel. Parallèlement, les dangers naturels peuvent aussi toucher les installations hydroélectriques. Il convient encore de mentionner d'autres aspects qui entrent en jeu : l'approvisionnement en eau potable et le tourisme de montagne. Les différents intérêts en présence sont susceptibles de compromettre la réalisation de centrales hydroélectriques.

La réalisation d'une centrale hydroélectrique est non seulement tributaire des conditions prévalant sur l'emplacement prévu abordées ci-avant, mais également de conditions-cadres plus générales, notamment le contexte politique et le droit des concessions.

### 5.1 Situation du marché et cadre réglementaire

Différentes analyses portant sur la rentabilité des installations existantes<sup>14</sup> ainsi que des agrandissements ou des nouvelles installations<sup>15</sup> ont montré que les projets de nouvelles centrales hydroélectriques ne pouvaient pas être exploités de façon rentable dans le contexte du marché qui prévalait alors. Il en va encore de même à l'heure actuelle. En réponse à cette situation, divers instruments d'encouragement, comme la prime de marché ou les contributions d'investissement, ont été introduits dans le cadre de la Stratégie énergétique 2050. La loi fédérale relative à un approvisionnement en électricité sûr reposant sur des énergies renouvelables vient compléter ce dispositif avec d'autres instruments, à savoir les contributions pour les études de projet et la prime de marché flottante. En règle générale, les projets induisant une augmentation importante de la production annuelle sont plus rentables que ceux qui permettent uniquement un transfert de production de l'été à l'hiver. Cela est dû au fait que les rehaussements de murs de barrage ne permettent qu'une faible augmentation de la production énergétique et que leur financement doit donc reposer exclusivement sur la différence de prix entre l'été et l'hiver. Dans le cas d'un projet engendrant une production supplémentaire d'énergie, par contre, le prix de l'énergie dans son ensemble peut être utilisé pour couvrir les coûts.

La rentabilité n'a pas été évaluée lors du calcul du potentiel théorique présenté au chapitre 4. Cela aurait nécessité des calculs de grande ampleur et les bases nécessaires font défaut. On peut toutefois supposer qu'une part significative des projets connus serait rentable avec l'encouragement existant. De plus, pour des raisons d'efficacité, il ne semble pas judicieux d'augmenter l'encouragement.

---

<sup>14</sup> OFEN, 2014

<sup>15</sup> OFEN, 2013

## 5.2 Thèmes relevant du droit des concessions

Ces dernières années, différents cantons ont élaboré des stratégies en matière de force hydraulique. Dans la stratégie qu'il établit, un canton vise à ce qu'une grande partie de la valeur ajoutée de la force hydraulique soit créée sur son territoire. Pour les concessionnaires actuels, cela induit, à l'échéance de la concession, la perte partielle ou totale de leur droit de disposer de l'installation. En raison des incertitudes que cela génère pour eux, ils sont moins enclins à réaliser des projets de rénovation ou d'agrandissement lorsque l'échéance de la concession s'approche. En effet, le rehaussement d'un mur de barrage requiert des investissements élevés, qui ne pourront pas être amortis durant la concession en cours.

La loi du 22 décembre 1916 sur l'utilisation des forces hydrauliques (loi sur les forces hydrauliques, LFH; RS 721.80) comprend un instrument *ad hoc* : la convention sur la valeur résiduelle. Lorsque l'installation fait retour à la communauté concédante, le concessionnaire est dédommagé des investissements de modernisation ou d'agrandissement, pour autant qu'il ait procédé à la modernisation ou à l'agrandissement en accord avec la communauté titulaire du droit de retour. La loi mentionne quelques éléments pour déterminer la valeur résiduelle et laisse une certaine marge de manœuvre en la matière (art. 67, al. 4, LFH). Cette valeur doit être négociée entre le concessionnaire et le concédant. Il est ressorti de l'analyse de cas concrets que les conventions sur la valeur résiduelle sont certes importantes, mais ont aussi entraîné des litiges, qui n'ont pas tous pu être résolus. Les discussions qui ont eu lieu entre les exploitants et les cantons ont montré que les concédants ont exigé non seulement les données liées au projet en question, mais aussi une vue d'ensemble complète de l'installation hydroélectrique. Dans un cas d'agrandissement, les négociations portant sur le retour de toute la centrale électrique ont même dû être avancées.

Actuellement, la seule solution est de procéder à des négociations. Il en résulte une tendance à attendre l'échéance de la concession existante avant de procéder à des changements ou investissements importants, ce qui retarde l'augmentation nécessaire de la production. Il n'est pas non plus sûr que le développement de l'installation soit effectué après le renouvellement de la concession, étant donné que très souvent, il est plus rentable de continuer à exploiter celle-ci sous sa forme actuelle sans procéder à des agrandissements conséquents.

Les risques liés à l'octroi de concessions n'ont pas été évalués dans le potentiel théorique présenté au chapitre 4. Il est en effet impossible de prédire le résultat des négociations entre concédant et concessionnaire. Du point de vue des objectifs de développement à atteindre, les concessions à renégocier doivent toutefois être considérées comme un obstacle.

## 5.3 Procédures d'autorisation

Les procédures de planification, d'autorisation ou de recours, qui sont complexes et fastidieuses, constituent, elles aussi, un obstacle. Les projets qui ont des incidences importantes sur le territoire et l'environnement doivent avoir été prévus dans le plan directeur cantonal (art. 8, al. 2, de la loi sur l'aménagement du territoire [LAT]). Font exception les centrales hydroélectriques à accumulation visées à l'annexe 2 de la LApEI révisée sur des sites existants. Indépendamment de cela, les cantons sont tenus de délimiter, dans leur plan directeur, les zones et tronçons de cours d'eau adaptés à des installations hydroélectriques. Une fois cette planification établie, la procédure de concession est menée et est, le cas échéant, assortie d'une étude de l'impact sur l'environnement. Si la réalisation d'une installation nécessite une autorisation de défricher ou une autorisation relevant de la législation sur la protection des eaux, il faut vérifier si celles-ci peuvent être octroyées. S'ensuit alors la

procédure d'autorisation de construire, qui comprend souvent des autorisations relatives aux constructions ou installations hors de la zone à bâtir. En vertu du droit en vigueur, les cantons doivent coordonner les différentes procédures (art. 25a LAT). À noter qu'il est possible de faire recours jusqu'au Tribunal fédéral, que ce soit par rapport à une concession ou à une autorisation de construire. Une commune peut aussi former un recours contre les spécifications du plan directeur la concernant en alléguant une violation de son autonomie.

Cela étant, il peut s'écouler plus de 20 ans entre le lancement d'un projet de grande installation de production d'énergie et sa réalisation. Le 21 juin 2023, le Conseil fédéral a donc approuvé le message relatif à une modification de la loi sur l'énergie du 30 septembre 2016 (LEne ; RS 730.0) qui vise à simplifier et à accélérer les procédures de planification, de construction, d'agrandissement ou de rénovation des grandes installations de production d'électricité. Les mesures prévues dans ce cadre se concentrent principalement sur les installations solaires et les installations éoliennes. Elles pourraient être utiles à l'hydraulique uniquement dans le sens où, pour les installations d'intérêt national, il n'y aurait plus qu'une seule autorité cantonale de recours. Ce projet de loi est en cours de délibération au Parlement.

## **5.4 Conflits d'intérêts entre l'exploitation de la force hydraulique et la protection de l'environnement et du paysage**

Le droit suisse prévoit diverses catégories de zones protégées ayant chacune un objectif et un degré de protection spécifiques. Les richesses naturelles à protéger sont souvent liées à des conditions naturelles particulières. Les prairies sèches se trouvent en milieu sec et les zones alluviales longent les cours d'eau, par exemple. Les catégories de zones protégées ne se recoupent donc pas toutes dans la même mesure avec les potentiels de l'environnement périglaciaire analysés dans le présent rapport.

En raison du changement climatique, les espèces préférant le froid sont repoussées à plus haute altitude. Les régions aujourd'hui recouvertes de glace qui seront libérées par la fonte des glaciers constitueront alors des biotopes de remplacement pour ces espèces. Une utilisation accrue de ces régions pour des lacs artificiels et des infrastructures détruirait ces biotopes et réduirait l'expansion de ces habitats refuges.

Les sites de reproduction de batraciens d'importance nationale, les prairies et pâturages secs ainsi que les réserves naturelles visées dans la Convention du 2 février 1971 relative aux zones humides d'importance internationale particulièrement comme habitats des oiseaux d'eau ne se recoupent que de façon minimale avec les sites qui concernent des projets portant sur l'énergie hydraulique dans l'environnement périglaciaire. Ils ne sont donc pas examinés plus en détail dans le présent rapport. Les zones alluviales et les régions inscrites à l'Inventaire fédéral des paysages, sites et monuments naturels (IFP) d'importance nationale présentent les plus grands recouvrements avec l'environnement périglaciaire et son potentiel analysé dans le présent rapport, raison pour laquelle ces deux catégories font l'objet d'une analyse plus approfondie. Il existe aussi des recouvrements importants avec le patrimoine mondial naturel de l'UNESCO.

Par rapport aux sites dignes d'être protégés conformément à l'ordonnance du 25 octobre 1995 sur la compensation des pertes subies dans l'utilisation de la force hydraulique (OCFH<sup>16</sup> ; RS 721.821), seul un projet entré en phase de réalisation est concerné (production annuelle

---

<sup>16</sup> Une collectivité qui renonce à la possibilité d'exploiter la force hydraulique dans un site digne d'être protégé d'importance nationale peut demander une indemnisation partielle à la Confédération (redevance hydraulique perdue). Les indemnisations sont liées à des objectifs de protection convenus contractuellement.

de 100 GWh, 50 GWh par an de production hivernale contrôlable). Il convient de noter que des négociations concernant la résiliation du contrat régi par l'OCFH sont en cours.

#### **5.4.1 Biotopes d'importance nationale**

Il existe cinq inventaires différents de biotopes d'importance nationale en vigueur. Les hauts-marais et les bas-marais d'importance nationale jouissent d'une protection absolue et ne sont pas examinés plus en détail dans le présent rapport car il n'existe aucun projet dans ce genre de lieux et des projets de ce type y seraient de toute façon interdits. Les zones alluviales, les sites de reproduction des batraciens ainsi que les prairies et pâturages secs d'importance nationale sont, eux aussi, inscrits dans des inventaires. Ce sont en première ligne les zones alluviales d'importance nationale qui sont concernées par la thématique de la force hydraulique.

Ces zones sont répertoriées dans l'annexe 1 de l'ordonnance du 28 octobre 1992 sur les zones alluviales. Cette liste compte notamment 54 marges proglaciaires et 14 plaines alluviales alpines.

En vertu de l'art. 12, al. 2, de la LEne en vigueur, les nouvelles installations hydroélectriques sont interdites dans les biotopes d'importance nationale (et partant, dans les zones alluviales également). L'entrée en vigueur de la loi fédérale relative à un approvisionnement en électricité sûr reposant sur des énergies renouvelables se traduirait, pour des projets hydroélectriques d'intérêt national, par la levée de cette protection absolue dans trois cas, où une pesée des intérêts pourrait alors avoir lieu lors de nouveaux projets d'importance nationale portant sur l'énergie hydraulique (art. 12, al. 2<sup>bis</sup>). Ces trois exceptions concernent :

1. les zones alluviales s'il s'agit de marges proglaciaires ou de plaines alluviales alpines qui ont été inscrites dans l'inventaire après le 1<sup>er</sup> janvier 2023 ;
2. les centrales à dérivation des éclusées destinées à l'assainissement écologique au sens de l'art. 39a de loi fédérale du 24 janvier 1991 sur la protection des eaux (LEaux ; RS 814.20), lorsque les entraves importantes aux objectifs de protection de l'objet concerné peuvent être éliminées ;
3. les cas dans lesquels seul le tronçon à débit résiduel se trouve dans l'objet protégé.

Les agrandissements d'installations hydroélectriques situées dans des biotopes d'importance nationale ne sont a priori pas exclus et peuvent donc faire l'objet d'une pesée des intérêts.

On n'admettra de dérogation au but visé par la protection que pour des projets dont l'emplacement s'impose directement par leur destination et qui visent à assurer la sécurité de l'homme face aux effets dommageables de l'eau ou qui servent un autre intérêt public prépondérant d'importance nationale également. L'auteur de l'atteinte doit être tenu de prendre toutes les mesures possibles pour assurer la protection, la reconstitution ou, à défaut, le remplacement adéquat de la zone alluviale (art. 4, al. 2, de l'ordonnance sur les zones alluviales). Pour ce qui concerne les projets répertoriés à l'annexe 2 de la LAPeI révisée, des mesures de compensation supplémentaires doivent être prévues pour protéger la biodiversité et le paysage.

Les zones alluviales qui ne figurent pas dans l'inventaire fédéral constituent des surfaces dignes de protection visées à l'art. 18, al. 1<sup>er</sup>, de la loi fédérale sur la protection de la nature et du paysage (LPN). Cependant, à moins que des zones protégées soient créées au niveau cantonal, elles ne possèdent pas de statut de protection particulier.

La fonte des glaciers libérera différentes surfaces disposant des caractéristiques d'une plaine alluviale. Celles-ci pourraient, en fonction de leur taille, obtenir le statut d'« importance nationale ». Geo7 (2021) a analysé la possible évolution des marges proglaciaires d'ici à 2100 ; pour 13 zones présentant un besoin de protection accru, ce bureau d'études en géologie propose de viser une sécurisation du point de vue de l'aménagement du territoire qui les considérerait comme des « zones présentant un intérêt particulier pour la biodiversité », en leur conférant le statut soit de zones alluviales d'importance nationale soit de zones protégées au niveau cantonal. Dans l'évaluation ci-après, ces surfaces figurent en tant que nouvelles zones alluviales potentielles. Dans la mesure où elles n'ont pas été inscrites dans l'inventaire avant le 1<sup>er</sup> janvier 2023, elles ne sont pas considérées comme des zones où toute exploitation est interdite. De telles zones constitueront vraisemblablement aussi un grand obstacle à la réalisation de nouvelles installations. Dans son arrêt sur un projet de conduite forcée à Lugnez<sup>17</sup>, le Tribunal fédéral a considéré que les zones alluviales ayant un régime des eaux et de charriage intact ou peu altéré se sont raréfiées en Suisse en raison du recours accru à l'énergie hydraulique et que, par conséquent, la pesée des intérêts menée sur la base des principes généraux penchera aussi en règle générale en faveur de leur protection intégrale. Des projets hydroélectriques ne seraient donc probablement pas autorisés.

#### **5.4.1.1 Répercussions sur la production annuelle**

Seule une infime partie des projets de centrales à accumulation dans l'environnement périglaciaire (environ 1 % par rapport à la production annuelle envisageable) n'est pas du tout concernée par la protection des zones alluviales. Dans ces cas, les parties de l'installation ou un possible tronçon à débit résiduel ne se recoupent aucunement avec des zones alluviales, qu'elles soient ou non d'importance nationale (Illustration 4). Autrement dit, il y aura un conflit potentiel entre la protection des zones alluviales concernées et l'utilisation de la force hydraulique dans pratiquement tous les projets.

Un tiers des projets de nouvelles constructions (540 GWh/a) nécessiterait la mise en place de parties d'installations dans des zones alluviales déjà délimitées, qui figurent dans l'inventaire mentionné dans l'ordonnance sur les zones alluviales. En vertu du droit applicable et même si la loi fédérale relative à un approvisionnement en électricité sûr reposant sur des énergies renouvelables entre en vigueur, ces installations sont interdites dans les zones délimitées et ne peuvent pas faire l'objet d'une pesée des intérêts (colonne rouge).

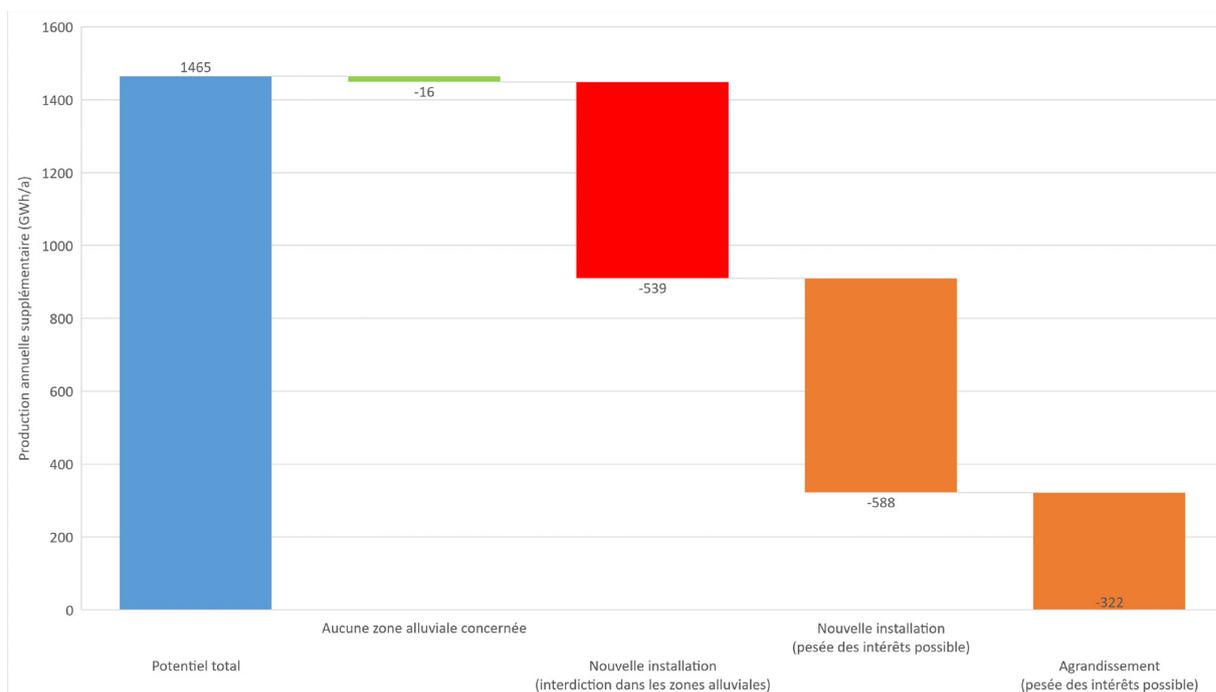
Des projets présentant au total un potentiel de production de 910 GWh par an sont certes susceptibles d'entrer en conflit avec des zones alluviales (zones alluviales se trouvant sur des tronçons à débit résiduel, agrandissements se recoupant avec des zones alluviales, centrales dans des marges proglaciaires), mais il ne s'agit pas de zones où toute exploitation est interdite (colonnes orange).

---

<sup>17</sup> Arrêt du Tribunal fédéral 1C\_526/2015, 1C\_528/2015 du 12 octobre 2016

## Analyse du potentiel hydraulique lié au retrait des glaciers

Illustration 4 : Répercussions des zones alluviales sur les centrales à accumulation alimentées par un glacier (production annuelle en GWh/a)



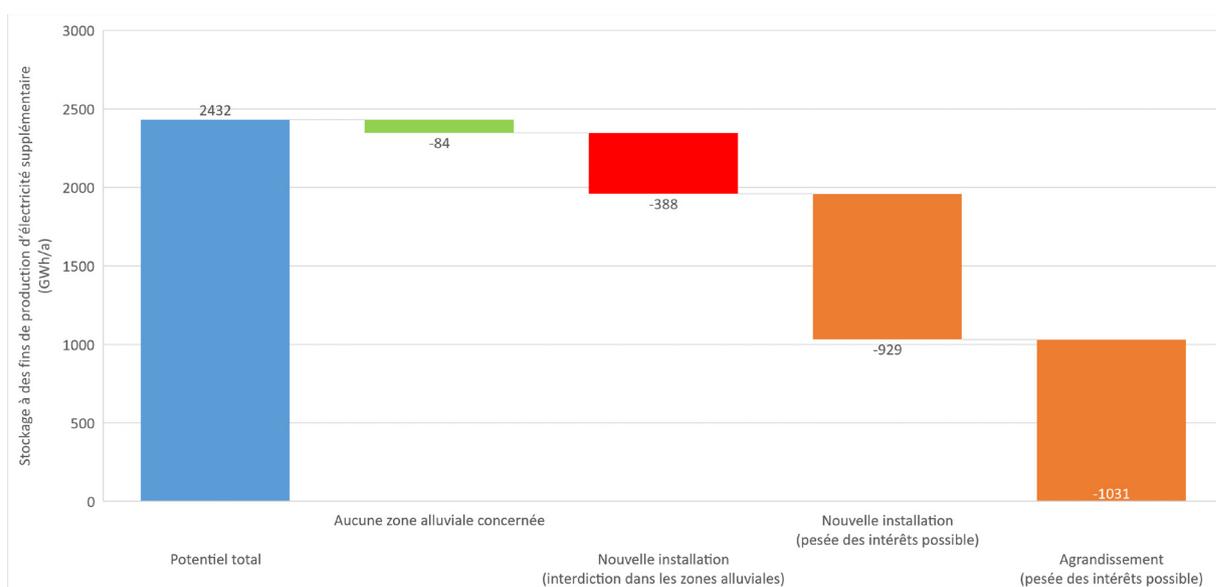
### 5.4.1.2 Répercussions sur le stockage à des fins de production d'électricité

En ce qui concerne la production hivernale contrôlable, seule une partie minime des projets de centrales à accumulation dans l'environnement périglaciaire (environ 3 % si l'on se réfère au potentiel de stockage à des fins de production d'électricité) n'est pas concernée par la protection des biotopes, à savoir les projets dans lesquels des parties de l'installation ou un possible tronçon à débit résiduel ne se recoupent aucunement avec des zones alluviales, qu'elles soient ou non d'importance nationale (Illustration 5).

En vertu du droit en vigueur, une plus petite partie de la production hivernale contrôlable (388 GWh/a, à savoir toutes les nouvelles installations) se trouverait dans les zones où toute exploitation est interdite et ne pourrait pas faire l'objet d'une pesée des intérêts.

Toujours en lien avec la production hivernale contrôlable, des surfaces abritant au total un potentiel de 1963 GWh par an présenteraient des recouvrements avec des objets inscrits dans l'inventaire fédéral des zones alluviales d'importance nationale sans pour autant être des zones où toute exploitation est interdite. Il s'agirait de projets touchant à des objets qui ne sont pas d'importance nationale et dans lesquels des zones alluviales se trouvent sur le tronçon à débit résiduel ou qui portent sur l'agrandissement d'installations existantes.

Illustration 5 : Répercussions des zones alluviales sur les centrales à accumulation alimentées par un glacier (production hivernale contrôlable en GWh/a)



### 5.4.2 Inventaires des paysages d'importance nationale

L'Inventaire fédéral des paysages, sites et monuments naturels d'importance nationale (IFP), l'Inventaire fédéral des sites construits d'importance nationale à protéger en Suisse (ISOS) et l'Inventaire fédéral des voies de communication historiques de la Suisse (IVS) comptent au nombre des inventaires fédéraux d'importance nationale visés à l'art. 5 LPN. Pour ce qui concerne l'exploitation du potentiel sis dans des zones périglaciaires, c'est l'IFP qui entre principalement en jeu.

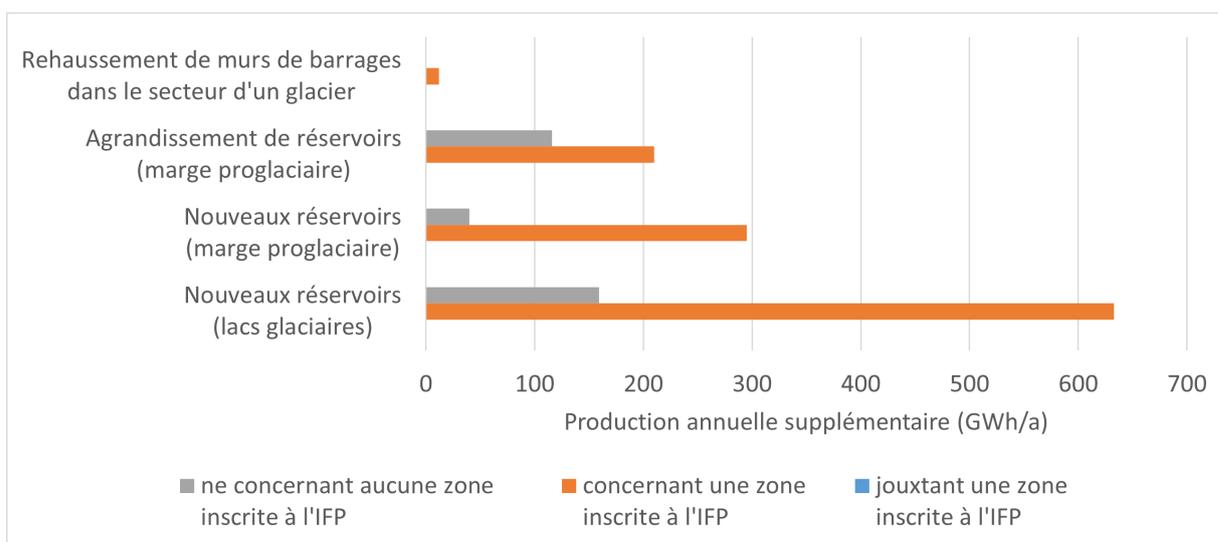
Les objets inscrits dans l'un des inventaires précités doivent être conservés intacts ou en tout cas doivent être ménagés le plus possible, y compris au moyen de mesures de protection, de reconstitution ou de remplacement adéquates. Lorsqu'il s'agit de l'accomplissement d'une tâche de la Confédération, et l'octroi des concessions dans le domaine de l'hydraulique en est une, l'art. 6 LPN prévoit une exception à cette règle en cas d'atteinte grave à l'objet protégé uniquement si des intérêts équivalents ou supérieurs, d'importance nationale également, s'opposent à cette conservation. Cette exception ne peut s'appliquer qu'aux projets portant sur des centrales électriques d'importance nationale. Dans un tel cas, il est possible de procéder à une pesée entre les intérêts de protection et d'utilisation, sans que l'on puisse préjuger des résultats de façon générale en se fondant sur l'importance nationale. Ce n'est que pour les centrales électriques visées à l'art. 9a, al. 3, let. d, de la LApEI révisée que l'intérêt à la réalisation prime en principe d'autres intérêts nationaux.

#### 5.4.2.1 Répercussions sur la production annuelle

Sur l'ensemble du potentiel sis dans des zones périglaciaires, qui atteint 1470 GWh par an, des projets présentant au total un potentiel de 1150 GWh par an, dont 930 GWh découlent de nouvelles installations et 220 GWh par an d'agrandissements, se trouvent dans des zones inscrites à l'IFP (Illustration 6). Du point de vue de leur potentiel, ces projets hydroélectriques sont tous d'intérêt national. En conséquence, il est possible de ces zones, selon les circonstances, de déroger à la disposition selon laquelle l'intégrité doit être préservée.

## Analyse du potentiel hydraulique lié au retrait des glaciers

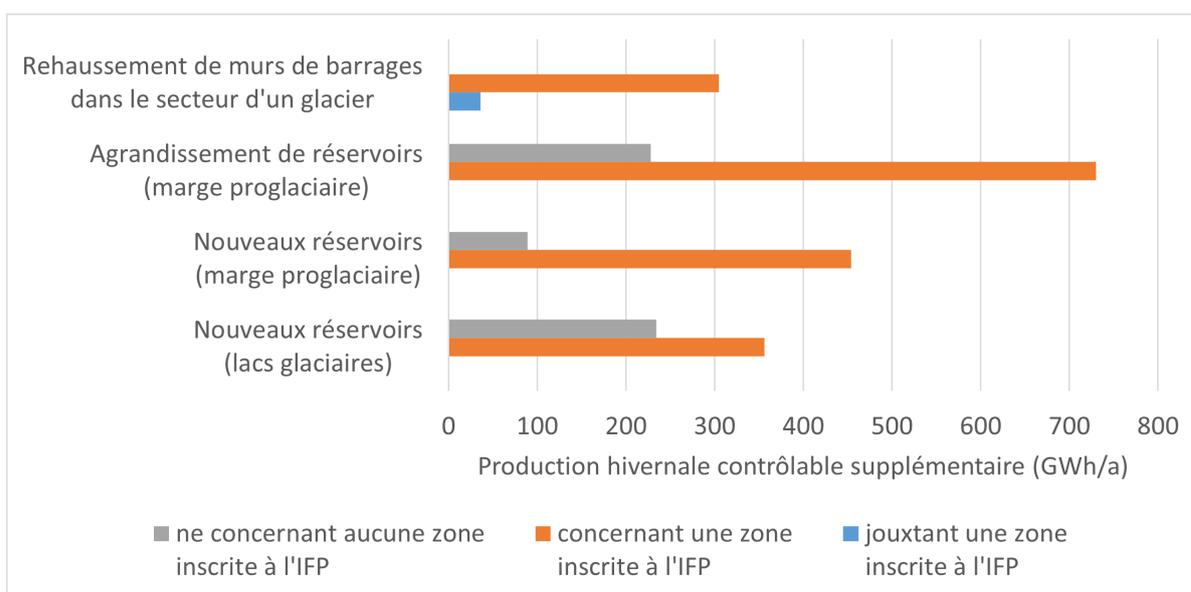
Illustration 6 : Potentiel de production annuelle supplémentaire (GWh/a) sur des sites périglaciaires d'ici à 2050 et chevauchement avec des zones inscrites à l'Inventaire fédéral des paysages, sites et monuments naturels d'importance nationale (IFP)



### 5.4.2.2 Répercussions sur le stockage à des fins de production d'électricité

Sur l'ensemble du potentiel de stockage à des fins de production d'électricité que recèlent les zones périglaciaires, qui atteint 2432 GWh par an, des projets présentant au total un potentiel de stockage de 1845 GWh par an se trouvent dans des zones inscrites à l'IFP. Le potentiel de stockage se trouvant en dehors des zones inscrites à l'IFP totalise donc 587 GWh par an ; sur ce total, un potentiel de stockage de 36 GWh par an concerne des projets qui jouxtent directement une telle zone. Dans tous les projets en zone périglaciaire, ce ne sont pas seulement les tronçons à débit résiduel qui se trouvent dans une zone inscrite à l'IFP.

Illustration 7 : Potentiel de production hivernale contrôlable supplémentaire (GWh/a) sur des sites périglaciaires d'ici à 2050 et chevauchement avec des zones inscrites à l'IFP



### 5.4.3 Sites classés au patrimoine mondial de l'UNESCO

La Suisse compte 13 sites classés au patrimoine mondial de l'UNESCO. Les sites inscrits sur la liste du patrimoine mondial doivent avoir une valeur universelle exceptionnelle qu'il s'agit de préserver pour les générations actuelles et les générations à venir. Le potentiel de développement de la force hydraulique concerne principalement le site des Alpes suisses Jungfrau-Aletsch, classé au patrimoine mondial. Les projets susceptibles d'être réalisés sur des sites relevant du patrimoine mondial ou à proximité de ceux-ci risquent d'avoir un impact sur la valeur universelle exceptionnelle de ces sites. Dans de tels cas, il faut impliquer les organes internationaux visés par la Convention pour la protection du patrimoine mondial culturel et naturel. Par ailleurs, l'UNESCO peut placer des sites sur la « liste du patrimoine mondial en péril ». Le Comité du patrimoine mondial peut aussi demander à la Suisse de stopper un projet, ce qui mettrait la Suisse sous le feu des projecteurs au niveau international. En dernier recours, l'UNESCO pourrait retirer le site de la liste du patrimoine mondial. Le fait de ne pas protéger un site classé au patrimoine mondial constitue une atteinte au droit international.

Un tiers du potentiel de développement de la production annuelle en zone périglaciaire se trouve dans cette catégorie de zones protégées (Illustration 8). Pour ce qui concerne le développement de la capacité de stockage, un sixième du potentiel est concerné (Illustration 9). Cette proportion augmente clairement si l'on considère le potentiel susceptible d'être exploité après 2050 seulement.

Illustration 8 : Potentiel de production annuelle supplémentaire (GWh/a) sur des sites périglaciaires d'ici à 2050 et chevauchement avec le patrimoine mondial de l'UNESCO d'ici à 2050

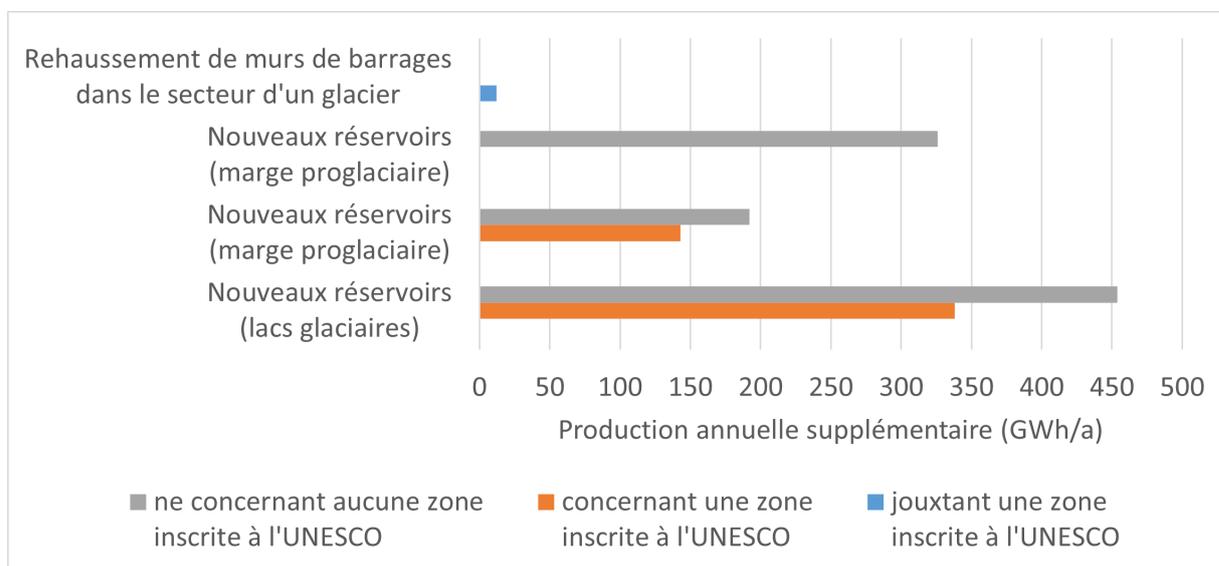
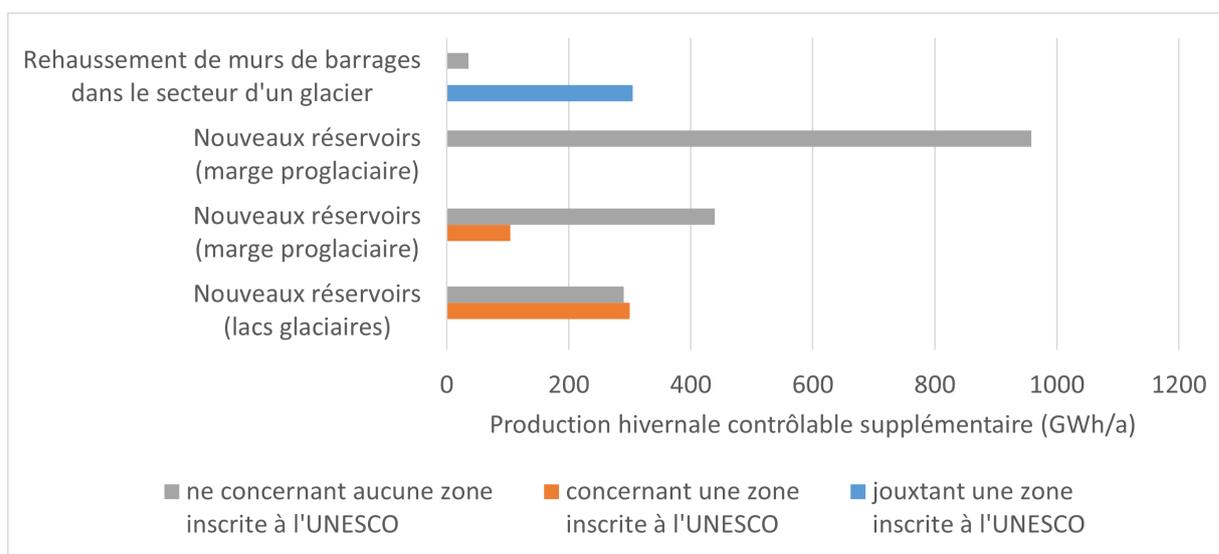


Illustration 9 : Potentiel de production hivernale contrôlable supplémentaire (GWh/a) sur des sites périglaciaires d'ici à 2050 et chevauchement avec le patrimoine mondial de l'UNESCO d'ici à 2050



## 6 Mesures visant une exploitation optimale du potentiel

Les renouvellements de concession à venir, les dispositions relatives au droit de l'environnement et les défis liés au climat sont des éléments déterminants pour l'exploitation du potentiel de l'hydraulique sis dans l'environnement périglaciaire. Nombre d'instruments d'encouragement ont été créés pour faire face au manque de rentabilité. Pour ce qui a trait aux autorisations, le Conseil fédéral a aussi soumis au Parlement le projet de loi pour l'accélération des procédures, en cours de délibération. Le présent rapport ne contient donc pas de propositions de mesures dans ce domaine.

### Droit des concessions

Selon la situation, il faut recourir à de nouvelles installations ou à des agrandissements d'installations existantes pour exploiter le potentiel de l'hydraulique sis dans les marges proglaciaires. Au niveau du droit des concessions, une nouvelle installation pose relativement peu de problèmes, les procédures et les compétences sont claires. La situation est plus complexe dans le cas d'un projet d'agrandissement.

Durant les dix à vingt années précédant l'échéance d'une concession, des discussions concernant les questions juridiques, techniques ou économiques qui se présentent sont menées entre l'exploitant actuel et le concédant. Il est décisif que ces discussions n'affectent pas l'exploitation des installations ou la réalisation de possibles agrandissements ou rénovations. Lorsque des investissements liés à une rénovation ou à un agrandissement sont débattus, l'analyse du projet est, par ailleurs, souvent mise en lien avec l'installation existante. Il est fastidieux et difficile de parvenir à un accord sur la valeur résiduelle de l'installation existante. Il faut donc prévoir des mesures pour faire face à ce problème.

Différentes dispositions de la LFH font actuellement l'objet de discussions entre les exploitants et les communautés (définition de la durée d'utilisation, détermination de la valeur résiduelle, indemnité équitable, etc.).

Nombre de projets sont couplés à des installations existantes, dont la concession présente une durée résiduelle relativement courte. Cette situation entrave le lancement de tels projets. L'octroi d'avenant à la concession pourrait constituer une solution. Actuellement, la question de savoir quels projets peuvent être autorisés dans le cadre d'un avenant à la concession n'est toutefois pas réglée de façon uniforme. D'autres options pourraient être abordées, par exemple le fait de dissocier agrandissement et installation existante sur les plans juridique et économique.

## **Environnement**

L'adaptation de l'art. 12 LEne a créé de nouvelles conditions permettant la pesée entre les intérêts de protection et d'utilisation. Le résultat de cette pesée des intérêts dans chaque cas sera déterminant pour exploiter le potentiel.

Les exigences actuelles auxquelles doivent satisfaire les débits résiduels réduisent considérablement le potentiel de production dans le cas du renouvellement d'une concession. Par conséquent, le Conseil national a transmis au Conseil fédéral le postulat 23.3007 « Adapter les obligations de débits résiduels pour les centrales hydroélectriques existantes tout en améliorant la biodiversité des cours d'eau », déposé par la CEATE-N. Ce postulat charge le Conseil fédéral d'étudier une révision de la LEaux pour réduire les déficits de production d'énergie résultant des prescriptions relatives aux débits résiduels et, parallèlement, améliorer la situation en matière de biodiversité.

## **7 Conclusion**

Les zones périglaciaires offrent un potentiel de développement important, que ce soit pour la production annuelle d'électricité ou la production d'électricité hivernale contrôlable. Il faut s'attendre à ce que la préservation de la protection de la nature et du paysage restreigne le potentiel technique disponible. Des dispositions sur ce point ont déjà été précisées dans le cadre de la modification de la loi sur l'énergie. Certains projets sont d'emblée interdits. Pour les autres, l'issue de la pesée des intérêts ne peut pas être évaluée actuellement si l'on ne dispose pas des projets concrets. Le conflit d'intérêts devrait être réglé dans le cadre de la pesée des intérêts, dans la mesure où les projets en question peuvent faire l'objet d'une telle pesée. La réalisation des objectifs de développement dépend donc, dans une large mesure, des modalités applicables à la pesée des intérêts. Pour qu'un projet soit susceptible d'être autorisé, il doit respecter les dispositions légales régissant la protection (notamment celles sur les débits résiduels), et cela, même si sa rentabilité s'en trouve diminuée. Il arrive donc que des projets susceptibles d'être autorisés s'avèrent finalement non rentables et ne soient pas réalisés. L'introduction de la contribution d'investissement allouée pour les installations hydroélectriques (art. 26 LEne) et de la prime de marché flottante (art. 29a P-LEne) a amélioré cette situation.

La réalisation du développement est tributaire d'autres dossiers tels que le droit des concessions, dont certains font actuellement l'objet de discussions au niveau politique. Différents instruments ont déjà été mis en place pour contrebalancer le manque de rentabilité.

## 8 Bibliographie

- Ayala, A., Farinotti, D. Stoffel, M., et Huss, M. (2020). Glaciers : Hydro-CH2018 synthesis report chapters : « Future changes in hydrology ». Hydro-CH2018 Project. Sur mandat de l'Office fédéral de l'environnement (OFEV), Berne (avec résumés en allemand et en français).
- Boes, R. et al. (2021) : Swiss Potential for Hydropower Generation and Storage – Synthesis Report. EPFZ Swiss Potential for Hydropower Generation and Storage - Research Collection (ethz.ch), consulté en dernier lieu le 25.5.2022.
- Ehrbar, D., Schmocker L., Vetsch D., Boes R. (2019): Wasserkraftpotenzial in Gletscherrückzugsgebieten der Schweiz. Eau énergie air. 111<sup>e</sup> année. 4-2019. Pp. 205-212.
- Ehrbar, D., Schmocker, L., Vetsch, D.F., Boes, R.M. (2018): Hydropower Potential in the Periglacial Environment of Switzerland under Climate Change. Sustainability 10(8), 2794.
- EPFZ (2018) : Current and future energy performance of power generation technologies in Switzerland. Étude effectuée sur mandat de l'Académie suisse des sciences techniques (SATW).
- Felix, D., Müller-Hagmann, M., Boes, R. (2020): Ausbaupotenzial der bestehenden Speicherseen in der Schweiz. Eau énergie air. 112<sup>e</sup> année. 1-2020. Pp. 1-10 (en allemand avec résumé en français).
- Geo7 (2021) : Alpine Auen : Entwicklung 2000-2100 – Rapport interne. Pro Natura – Schweizerischer Bund für Naturschutz, Basel.
- Gharehchahi, S., James, W. H., Bhardwaj, A., Jensen, J. L., Sam, L., Ballinger, T. J., et Butler, D. R. (2020) : Glacier ice thickness estimation and future lake formation. In : Swiss southwestern Alps – The upper Rhône catchment : A VOLTA application, Remote Sens, 12, 3443.
- Linsbauer, A., Paul, F. et Haerberli, W. (2012) : Modeling glacier thickness distribution and bed topography over entire mountain ranges with GlabTop : Application of a fast and robust approach. Journal of Geophysical Research : Earth Surface, vol. 117, F03007.
- NCCS (éditeur) (2018) : CH2018 – Climate Scenarios für Switzerland, Technical Report, National Centre for Climate Services Zürich. [www.nccs.admin.ch](http://www.nccs.admin.ch) > National Centre for Climate Services NCCS > Changement climatique et impacts > Scénarios climatiques suisses CH2018 > CH18-Rapport Technique.
- NCCS (éditeur) (2021) : Eaux suisses et changements climatiques. National Centre for Climate Services, Zurich. 28 p. ISBN 978-3-9525413-2-6.
- NELAK (2013) : Neue Seen als Folge des Gletscherschwundes im Hochgebirge – Chancen und Risiken. Formation de nouveaux lacs suite au recul des glaciers en haute montagne – chances et risques. Forschungsbericht NFP 61. Haerberli, W., Büttler, M., Huggel, C., Müller, H. & Schleiss, A. (Hrsg.). Zürich.
- Mölg, N., Huggel, C., Herold, T., Storck, F., Allen, S., Haerberli, W., Schaub, Y., et Odermatt, D. (2021): Inventory and evolution of glacial lakes since the Little Ice Age: Lessons from the case of Switzerland. In: Earth Surface Processes and Landforms. Volume 46, Issue 13.

OFEN (2013) : Perspektiven für die Grosswasserkraft in der Schweiz. Wirtschaftlichkeit von Projekten für grosse Laufwasser- und Speicherkraftwerke und mögliche Instrumente zur Förderung der Grosswasserkraft (avec résumés en français et en italien).

OFEN (2014) : Kostenstruktur und Kosteneffizienz der Schweizer Wasserkraft, Schlussbericht.

OFEN (2019) : Évaluation du potentiel de développement de la force hydraulique dans le cadre de la Stratégie énergétique 2050.

Schweizer, S., Veas, A., Wyss, K., Binkert, L., Rohrer, M., Berger, B. (2023) : Auswirkungen der Projekte des «Runden Tisches Wasserkraft» auf Gletschervorfelder – eine Einordnung. Eau énergie air. 115<sup>e</sup> année. 1-2023. Pp. 1-6 (en allemand, avec résumé en français).

Steffen, T., Huss, M., Estermann, R., Hodel, E., Farinotti, D. (2022) : Volume, evolution, and sedimentation of future glacier lakes in Switzerland over the 21<sup>st</sup> century. Earth Surface Dynamics, Volume 10.

## 9 Annexe: projets pris en compte

Les projets pris en compte dans l'évaluation sont indiqués ci-dessous.

Nom du projet	Canton	Production supplémentaire (GWh)	Production hivernale contrôlable supplémentaire (GWh)	Interdiction selon l'art. 12 Lene <sup>17</sup>	IFP, Art. 5 LPN	Patrimoine mondial naturel de l'UNESCO
Trift	BE	145	215	Non	Non	Non
Grimsensee	BE	12	240	Non	Oui	Adjacent
Oberaarsee	BE	0	65	Non	Oui	Adjacent
Lago da l'Albigna	GR	0	36	Non	Adjacent	Non
Allalingletscher	VS	15	50	Non	Non	Non
Adduction de Zinal	VS	110	105	Non	Non	Non
Turtmangletscher	VS	6	123	Non	Non	Non
Unterer Grindelwaldgletscher	BE	114	90	Non	Oui	Oui
Fieschergletscher	VS	60	85	Non	Oui	Oui
Centrale Oberaletsch (réservoir)	VS	100	50	Non	Oui	Oui
Centrale Oberaletsch + Aletschgletscher (après 2050) Différences par rapport à Oberaletsch seul	VS	100	480	Non	Oui	Oui
Rhonegletscher	VS	35	56	Oui	Oui	Non
Haut Glacier d'Arolla	VS	9	90	Non	Oui	Non
Réservoir à buts multiples du Gornerli	VS	200	650	Non	Oui	Non
Ferpècle	VS	10	80	Non	Oui	Non
Sela	GR	10			Non	Non
Hüfigletscher	UR	127	85	Oui	Oui	Oui
Blüemlisalp gletscher	BE	16	19	Non	Oui	Oui
Findelgletscher	VS	90	88	Non	Oui	Non
Gauligletscher	BE	64	75	Oui	Oui	Oui
Mellichgletscher	VS	25	39	Non	Non	Non
Vadret da Palü	GR	14	19	Non	Non	Non
Glacier du Brenay	VS	5	45	Oui	Oui	Non
Otemmagletscher	VS	48	127	Oui	Oui	Non
Glacier de Corbassière	VS	48	100	Oui	Oui	Non
Glacier du Giétro	VS	5	20	Non	Oui	Non
Roseggletscher	GR	260		Oui	Oui	Non

<sup>17</sup> Evaluation provisoire de l'Office fédéral de l'énergie (OFEN), à juger par l'autorité compétente dans une éventuelle procédure d'approbation